Die Erforschung des Lebens

Max Verworn


Dei
Sub Numine
Viget

Die Erforschung des Lebens.

Ein Vortrag

von

Max Verworn.



Abdruck
aus der Naturwissenschaftlichen Wochenschrift N. F. VI. Bd.,
der ganzen Reihe XXII. Bd., Nr. 18. 1907.







Jena
Verlag von Gustav Fischer
1907.

Vorwort.

Das Folgende ist ein Vortrag, den ich am 8. Februar 1907 in der „Vereinigung für staatswissenschaftliche Fortbildung zu Berlin" gehalten habe. Es war meine Absicht zu zeigen, daß es nötig ist, den unklaren Kausalbegriff, der nicht weniger Mystik in sich birgt als der Zweckbegriff, ganz aus der Betrachtung der Lebensäußerungen wie überhaupt aus dem wissenschaftlichen Denken zu entfernen und das Leben lediglich unter dem Gesichtspunkte eines konsequenten „Konditionismus", wenn ich dieses Wort bilden darf, zu analysieren. Die konditionale Betrachtungsweise der Welt scheint mir die einzige wirklich wissenschaftliche Betrachtungsweise zu sein, weil wir ja die Dinge nur in gegenseitigen Abhängigkeitsbeziehungen, also in Form von Bedingungskomplexen wahrnehmen. Auf der sinnlichen Wahrnehmung aber beruht alle wissenschaftliche Erkenntnis. Unsere Erkenntnis kann daher nur in der Ermittlung der Gesetzmäßigkeit dieser Abhängigkeitsverhältnisse bestehen. Ich hoffe, daß die folgende Betrachtung über die Erforschung des Lebens, die für einen weiteren Kreis bestimmt ist, dazu beitragen möchte, in dieser Hinsicht etwas Klarheit zu verbreiten.

Göttingen, 22. April 1907.

Max Verworn.

Das Problem des Lebens ist in gewissem Sinne das oberste Problem menschlicher Forschung. Wer sich die Mühe nimmt, die Fäden zu verfolgen, die von diesem Problem ausstrahlen, wird finden, daß sie früher oder später zu allen Problemen führen, die den Menschengeist beschäftigen. Das Problem des Lebens ist das zentrale Problem. Man kann es auch das Problem vom Menschen nennen. Dann setzt man den kompliziertesten Fall fürs Ganze, denn der Mensch ist die komplizierteste Form des Lebens. Er ist sich selbst das erste und letzte Problem. In ihm mündet alles menschliche Fragen. Mag mancher in kurzsichtigem Wühlen nach den kleinen Schätzen des Tages nichts ahnen von dem großen Problem, sein Streben ist unbewußt doch nach diesem Punkte gerichtet. Für andere blickt die geheimnisvolle Gestalt des großen Lebensproblems auf Schritt und Tritt in gewaltigem Umriß erhaben und gebieterisch aus dem dünnen Nebel der kleinen Tagesfragen hervor. Mit Riesenarmen umspannt es alle Interessen des Menschen: das köstliche Gut seiner Gesundheit, des Menschen Geist mit seinem hohen Flug,

der seine selbstgeschaffene Gedankenwelt mit ihrem Gott bestaunt und schließlich auch die leblose Welt, der er sein Leben verdankt, denn aus Erde ist auch der Mensch gemacht und zur Erde kehrt er zurück. So birgt der Mensch in sich zugleich die Rätsel der lebendigen und der leblosen Welt. Kein Leben ohne die leblose Welt. Die Lebensforschung erweitert sich zur Weltforschung und die Weltforschung gipfelt in der Lebensforschung.

Also was ist Leben? Es hat nicht an Definitionen gefehlt, die kurz und knapp mit wenig Worten das Wesen des Lebens charakterisiert zu haben glaubten. Man hat gesagt: Leben ist Bewegung oder: Leben ist ein chemisch-physikalischer Prozeß. Herbert Spencer ist nach langem tiefem Grübeln, nachdem er mehrere Fassungen gegeben und wieder verworfen hat, zu einer Definition gelangt, die ihm als die vollkommenste erschien: „Leben ist die fortwährende Anpassung innerer Beziehungen an äußere Beziehungen." Aber so wenig auch ein moderner Naturforscher die Wahrheiten, die alle diese Definitionen zum Ausdruck bringen, beanstanden wird, so wenig wird er doch in ihnen eine eindeutige Charakterisierung des Lebensvorganges erkennen. Bei aller Hochachtung vor der enormen Geistesarbeit, die der englische Denker geleistet hat, scheint mir doch selbst die Definition, die er für die vollkommenste hielt, nicht imstande zu sein, jemandem eine Vorstellung davon zu geben, was nun eigentlich Leben in Wirklichkeit ist. Wir sind von allen diesen Definitionen nicht befriedigt. Wir verlangen mehr. Wir wollen

vorläufig überhaupt keine knappe Definition. Die findet sich vielleicht später von selbst. Wir wollen vielmehr den Lebensvorgang, wie er sich uns in den Lebensäußerungen darstellt, bis in seine letzten Tiefen ergründen. — Das war das klare Ziel aller Lebensforschung, solange eine wissenschaftliche Lebensforschung besteht.

Das Ziel scheint klar, aber die Wege dahin sind oft auseinandergegangen. Da ist ein guter Führer nötig. Es ist vielleicht gerade heute nicht überflüssig, nach einem solchen auszuschauen. Also welcher Grundsatz soll uns leiten?

Wir wollen den Lebensvorgang bis in seine letzten Tiefen ergründen. Was heißt ergründen? Man wird sagen: auf seine Ursachen zurückführen. Also man will schließlich die „letzte Ursache" des Lebens ermitteln. In der Tat ist der Gedanke an eine „letzte Ursache" des Lebens vielfach in der Physiologie wirksam gewesen. Man kann aber nicht sagen, daß er besonders glücklich war. Als fruchtbar hat er sich jedenfalls nicht erwiesen. Das Suchen nach einer „letzten Ursache" der Lebensäußerungen ist es gewesen, was vor mehr als hundert Jahren die gesamte Physiologie und neuerdings wieder einzelne Morphologen der Mystik in die Arme trieb. Man glaubte, die letzte Ursache der Lebensäußerungen in einer geheimnisvollen Kraft suchen zu müssen, die den Gesetzen der Chemie und Physik nicht unterworfen und daher unerforschlich sei, die aber nach eigenen zweckmäßigen Plänen walte und aus nichts emporwachsen und in nichts wieder vergehen könne.

Es liegt auf der Hand, daß die Annahme einer solchen unerforschlichen „Lebenskraft" einen Verzicht auf die vollständige Erforschung des Lebensvorganges bedeutet, und es ist bekannt genug, daß dieser Gedanke in der ganzen Geschichte der Lebensforschung nicht die kleinste Entdeckung hervorgebracht hat. Wo er gewirkt hat, hat er nur lähmend, nie anregend gewirkt. So ist er mit dem Aufblühen der Naturwissenschaften im vorigen Jahrhundert aus der Lebensforschung verschwunden und nie wieder ist die wissenschaftliche Forschung zu diesem Gedanken zurückgekehrt. Der vereinzelte Versuch in unserer Zeit, den vitalistischen Gedanken noch einmal wieder zu beleben, ist gescheitert.

Aber ist denn die Vorstellung einer letzten „Ursache" der Lebensäußerungen eine wissenschaftliche Vorstellung? Ist überhaupt das Suchen nach Endursachen in der Naturforschung ein wissenschaftliches Unternehmen?

Die Frage mag seltsam klingen, da man gewöhnt ist, gerade in der Naturwissenschaft alle Erscheinungen als den Ausdruck einer streng kausalen Gesetzmäßigkeit zu betrachten, so daß jeder Vorgang seine Ursache in einem anderen Vorgange hat und selbst wiederum die Ursache für einen neuen bildet. Dieser strenge Kausalzusammenhang des Geschehens, der nirgends eine Unterbrechung erfährt, gilt als eines der obersten und exaktesten Prinzipien nicht bloß für die Naturforschung, sondern für die gesamte Weltbetrachtung. Dennoch meine ich, daß es an der Zeit wäre, den

Kausalbegriff einer Revision zu unterziehen, ja ihn am besten aus der exakten Wissenschaft völlig zu entfernen. Die Vorstellung von „Ursachen" in der Form wie sie meistens verbreitet und durch die Sprache des täglichen Lebens sanktioniert ist, verführt allzuleicht zu schiefen Auffassungen über das Geschehen und die Zusammenhänge in der Welt und täuscht vielfach Klarheit vor und fertige Erkenntnis, wo keine besteht. Es hat etwas Beruhigendes, wenn man glaubt, „die Ursache" einer Erscheinung nachgewiesen zu haben. So war es auch beim Vitalismus. Man sah „die Ursache" der Lebensäußerungen in der Lebenskraft. Das war einfach, bequem und beruhigend. Man macht sich aber nicht klar, daß man Mystik treibt, wenn man sich vorstellt, daß jeder Vorgang „eine Ursache" haben müsse. In Wahrheit gibt es keinen Vorgang in der Welt, der nur durch einen einzigen anderen bestimmt wäre. Jeder Vorgang ist stets von einer größeren Zahl anderer Vorgänge abhängig und es liegt eine unberechtigte Willkür darin, einen von diesen als etwas Besonderes hervorzuheben und ihm die geheimnisvolle Bedeutung einer „Ursache" beizulegen. Eine solche Bevorzugung eines Faktors ist wohl begreiflich für die oberflächliche Betrachtung des täglichen Lebens, der vielfach ein einzelner Faktor aus dem Komplex besonders ins Auge fällt. Sie ist aber nicht wissenschaftlich. Man müßte mit derselben Berechtigung die ganze Zahl der anderen Faktoren ohne die der Vorgang nicht stattfinden kann, ebenfalls als seine Ursachen bezeichnen. Dann aber

wird der Begriff der „Ursache“ zur einfachen „Bedingung“ und damit gewinnt man in der Tat einen wissenschaftlichen Standpunkt. Die Mathematik, die sich die exaktesten Ausdrucksformen für die Wahrheiten, die sie darstellen will, ausgearbeitet hat, und die hier geradezu als Ideal betrachtet werden muß, kennt den Begriff der Ursache nicht. Sie kennt nur Voraussetzungen und Behauptungen und kleidet ihre Gesetzmäßigkeiten in die konditionale Form. Sie sagt: „wenn die Seiten eines Dreiecks gleich sind, so sind auch die Winkel gleich“, nicht weil die Seiten gleich sind. Sind alle Bedingungen eines Vorganges gegeben, so ist der Vorgang auch eindeutig damit bestimmt, er kann nicht stattfinden, sondern er muß stattfinden, denn jede Möglichkeit einer Alternative wäre nicht Gesetzmäßigkeit, sondern Willkür. Die Erfahrung zeigt uns aber, daß das Geschehen in der Welt unabänderlich gesetzmäßig ist. Wäre nur an einem einzigen Punkte im Weltgeschehen eine willkürliche Wahl möglich, so wäre bei dem untrennbaren Abhängigkeitsverhältnis, in dem die Dinge untereinander stehen, die ganze Gesetzmäßigkeit über den Haufen geworfen. In Wirklichkeit ist alles Geschehen in der Welt eindeutig und unabänderlich bestimmt durch die Bedingungen, die gerade an dem gegebenen Punkte zusammentreffen. Eine wissenschaftliche Forschung, auf welchem Gebiete der Erkenntnis es auch sei, kann daher immer nur darin bestehen, die sämtlichen Bedingungen zu ermitteln, die für das Zustandekom-

men eines Vorgangs nötig sind. Sind diese bekannt, so ist der Vorgang ergründet, erklärt. Der Vorgang ist nichts weiter als der Ausdruck für die Summe der in ihm zusammentreffenden Bedingungen. Der Begriff der Ursache wird dadurch überflüssig und wertlos.

Damit ist auch der Grundsatz bestimmt, der bei der Erforschung des Lebensvorgangs die oberste Führung haben muß. Wir wollen nicht nach Ursachen der Lebensäußerungen suchen, wir wollen vielmehr die Lebensäußerungen analysieren, indem wir sämtliche Bedingungen ermitteln, unter denen sie zustande kommen. Dann sind die beobachteten Vorgänge erklärt. Das ist der vorgezeichnete Weg. Es ist auch stets der Weg gewesen, auf dem die Lebensforschung bisher ihre Früchte in theoretischer wie in praktischer Hinsicht gepflückt hat. Und diese Früchte sind nicht schlecht. Wenn die praktische Heilkunde, wenn die Tierzüchterei, wenn die Land- und Forstwirtschaft heute einen so hohen Entwicklungsgrad erreicht haben, so beruht das darauf, daß die Lebensforschung die Bedingungen für bestimmte Lebensvorgänge des Menschen-, Tier- und Pflanzenlebens so genau analysiert hat, daß sie diese Bedingungen beherrscht. Ich möchte hier nicht einseitig die praktische Seite der Lebensforschung betonen, denn die praktischen Ergebnisse lassen sich von den theoretischen gar nicht trennen. Was heute noch ein rein theoretisches Interesse zu haben scheint, kann morgen die größte praktische Bedeutung gewinnen. Die Erfahrung hat das tausendfach ge-

zeigt. Ich erinnere nur an die Bakteriologie. Es besteht ganz allgemein dasselbe Verhältnis wie speziell zwischen theoretischer Naturwissenschaft und Technik. Unsere großen technischen Erfolge beruhen allein auf der hohen Entwicklung der rein theoretischen Forschung, und andere Nationen, die den hohen Entwicklungsgrad unserer Technik bewundern oder beneiden, haben die Bedingungen dafür in der freien Entwicklung unserer rein theoretischen Forschung erkannt und suchen der letzteren gleichfalls den Boden zu ebnen.

Aber wir dürfen uns dabei nicht verhehlen, daß den ersten Anstoß zur Erforschung des Lebens zweifellos die praktischen Bedürfnisse des Menschen gegeben haben. Die Not ist die Mutter aller Überlegungen und so ist das praktische Bedürfnis der Ursprung aller theoretischen Forschung. Von den primitiven Anfängen der Menschheit an bis auf den heutigen Tag. Bisweilen freilich hat sich, wie in der Philosophie, die theoretische Forschung so weit von ihren praktischen Anfangspunkten entfernt, daß ihr Zusammenhang damit in Vergessenheit geriet. Aber das ist kein Fehler, denn die scheinbar abstrakteste Erkenntnis kann plötzlich die größte praktische Macht entfalten. Welche Umwälzungen haben die religiösen Spekulationen in der Geschichte der Menschheit herbeigeführt! Unsere Sprache mit ihrem Wortschatz auf den wir im praktischen Leben bei Schritt und Tritt angewiesen sind, steht noch heute zum Teil unter dem sklavischen Druck uralter, aus vorgeschichtlicher Zeit stammender, theoretischer

Spekulationen, die noch immer Worte wie „Geist" und „Körper", wie „Leib" und „Seele" und die unendliche Fülle der aus ihnen entspringenden Anschauungen und Handlungen despotisch beherrschen!

Es ist kein Zweifel, daß der Begriff des Lebens ebenfalls bereits in vorhistorischer Zeit entstand und es ist ebensowenig zweifelhaft, daß die nähere Beschäftigung mit den Lebensäußerungen dem praktischen Bedürfnis der Lebens e r h a l t u n g entsprungen ist. Die heute lebenden Naturvölker mit ihrem primitiven Denken zeigen uns noch deutlich das Milieu, das diese ersten naiven Vorstellungen über das Leben und die ebenso naiven Maßnahmen zu seinem Schutz und seiner Erhaltung hervorbrachte. Die Konzeption der Seelenidee, der Idee, daß im menschlichen Körper eine unsichtbare Seele wohne und wirke, steht an der ersten Stufe der ganzen langen Entwicklung menschlicher Spekulation und menschlicher Sorge bezüglich des Lebens. Aus dieser Seelenidee, die der Beobachtung der Todestatsache und des Traumlebens entstammt, sind alle religiösen, medizinischen, naturwissenschaftlichen Anschauungen der primitiven Kultur hervorgewachsen. Leben und Seele wird zunächst noch nicht voneinander geschieden. Die Seele ruft die Lebensäußerungen des Körpers hervor, und entweicht im Traum temporär, im Tode für immer. Die Seele kann aber selbständig weiter leben als Geist oder Dämon und kann Nutzen stiften und Schaden anrichten. Die Seele kann auch wieder einen anderen Körper aufsuchen,

ja sie kann in einen Menschen fahren, der noch lebt und kann hier Verwirrung hervorrufen, so daß Krankheit und Besessenheit entsteht. Daher muß man die Seele und ihr Wirken, muß man das Leben kennen. Der Medizinmann oder Schamane muß Mittel finden, um die Seele, wenn sie entfliehen will, zurückzuhalten oder die entflohene wieder einzufangen, Mittel, um das Leben gegen die schädlichen Einflüsse fremder Seelen und Geister zu schützen oder fremde Seelen und Geister, die Schaden im Menschen anrichten, wieder auszutreiben. Das ist der gemeinsame Komplex von religiösen, medizinischen, naturwissenschaftlichen Vorstellungen, dem wir auf einer bestimmten Stufe bei allen Naturvölkern der Erde begegnen, der eine einheitliche Vorstellungsmasse bildet, die sich um den Kern der Seelenidee herumlagert und bei den verschiedenen Stämmen im einzelnen zu den mannigfaltigsten und oft widersprechendsten Schlußfolgerungen und Gedankenverbindungen führt. Aus dieser Masse scheiden sich auf höheren Kulturstufen die verschiedenen Gebiete menschlichen Wissens und menschlicher Forschung als selbständige Wissenschaften von einander ab, aber sämtlich gegründet auf besondere praktische Bedürfnisse des Menschen: Die Religion übernimmt die Sorge für die Seele; die Medizin für die Gesundheit; die Tierzucht, die Landwirtschaft für die Ernährung.

Es ist wichtig für die Beurteilung des heutigen Standes der Lebensforschung, daß man ihre historische Differenzierung in mehrere, den verschieden-

artigen praktischen Zielen entsprechende Zweige im Auge behält, denn so nur wird die heterogene Entwicklung der verschiedenen Gebiete, der menschlichen Anatomie, Physiologie und Pathologie, der Zoologie, der Botanik verständlich. Je weiter sich die speziellen praktischen Ziele von einander differenziert haben, um so mehr haben sich auch die speziellen Ziele und Methoden der theoretischen Forschung von einander entfernt. Zur rein theoretischen Forschung führt aber die Verfolgung eines jeden praktischen Problems unfehlbar um so sicherer, je gründlicher man ihm nachgeht, denn die praktischen Ergebnisse erwachsen ja aus rein theoretischen Studien. Damit ist aber wieder ein verbindendes Element für die einzelnen Zweige der Lebensforschung gegeben, das die Klüfte, die zwischen ihnen bei weitem Auseinandergehen ihrer praktischen Ziele entstanden, wieder ausfüllt. Die theoretische Lebensforschung führt überall, von wo aus man sie auch in Angriff nimmt, immer wieder zu den großen allgemeinen Problemen des Lebens, denn die theoretische Forschung entwickelt sich unabhängig von äußerlich bestimmenden Momenten nur aus ihren eigenen Problemen heraus und diese führen immer wieder zu den zentralen Problemen zurück. In den allgemeinen Problemen des Lebens treffen daher alle einzelnen Richtungen der Lebensforschung wieder zusammen.

Wir befinden uns augenblicklich in einer Periode der biologischen Forschung, in der sich das immer deutlicher zeigt. Im vorigen Jahrhundert ist be-

reits eine Station erreicht worden, an der die Wege aus allen Richtungen der biologischen Forschung zusammentreffen. Diese Station ist die Zelle. Freilich sind hier manche Forschungsrichtungen schon sehr frühzeitig eingetroffen, manche mit starker Verspätung. Aber seitdem Schleiden 1838 für den Pflanzenkörper, Schwann 1839 für den Tierkörper den Nachweis geführt hatte, daß der zwar seiner äußeren Gestalt nach so proteusartige, seinem inneren Wesen nach aber doch so sehr einheitliche Elementarorganismus der Zelle den allgemeinen Baustein bildet, aus dessen mehr oder minder großer Mannigfaltigkeit vom einzelligen Wesen an bis zum Millionenstaat des höheren Pflanzen-, Tier- und Menschenkörpers hinauf alles organische Leben aufgebaut ist, seitdem mußte mit unabwendbarer Notwendigkeit früher oder später alle biologische Forschung die Konsequenz ziehen, daß hier der Herd ist, auf dem das Feuer des Lebens brennt und daß schließlich alle biologische Forschung ihre speziellen Probleme bis in die Zelle verfolgen muß.

Die Morphologie hat zuerst diese Konsequenz praktisch gezogen. Ihre einzelnen Gebiete der pflanzlichen, tierischen und menschlichen Anatomie und Entwicklungsgeschichte haben unter der Führung von Schleiden, Nägeli, Hofmeister, Max Schultze, Kölliker, Haeckel und zahllosen anderen Forschern sehr bald mit ihrer zellularen Vertiefung eine ganz ungeahnte Blüte erzielt.

Dann folgte die Pathologie. Es ist bekannt

genug, wie unser alter Meister Rudolf Virchow mit seiner Zellularpathologie die Grundlage schuf, auf der sich der monumentale Bau der modernen Medizin erheben konnte, auf der auch die neuesten glänzenden Gebäude der Immunitätsforschung und Serumtherapie emporgewachsen sind.

Die engere Richtung der physiologischen Forschung ist am spätesten gefolgt. Freilich war die Pflanzenphysiologie, die es mit einfacheren Verhältnissen zu tun hat, schon lange zur Zellularphysiologie geworden, aber die Physiologie der Tiere und des Menschen, die bei der ungeheuren Komplikation ihres Forschungsobjekts nur sehr langsam und schrittweise vordringen kann, hat spät erst und nur allmählich den gemeinsamen Knotenpunkt, die Zelle, erreicht.

So hat sich die zellulare Forschungs- und Denkweise in der Biologie durch zahllose Schwierigkeiten hindurch, aber um so sicherer und unbestreitbarer, im Laufe des vorigen Jahrhunderts einen unvergleichlichen Sieg errungen.

In der Tat: In der Zelle münden schließlich alle Probleme des Lebens, denn wir kennen Leben nur in Gestalt von Zellen und auch die Lebensäußerungen des großen Menschenkörpers sind nichts weiter als ein Gesamtausdruck der vielen Millionen von mikroskopischen Zellen, aus denen er aufgebaut ist. Das Zusammenwirken dieser unabsehbaren Massen von tätigen, arbeitenden Zellen, die hier zu einem natürlichen Staatswesen vereinigt erscheinen, dessen unsagbar fein geordnetes Getriebe des genialsten Gesetzgebers spottet, dieses

Zusammenwirken bringt die erstaunlichen Taten hervor, die der Arbeiter der gewaltigen Energie seiner Muskeln, die der Dichter und Denker seinem Genius verdankt. Aber dieses geordnete Zusammenwirken der ungezählten Scharen von Zellen setzt eine ans Fabelhafte grenzende Feinheit der Arbeitsteilung voraus und ist nur möglich bei unbedingter Unterwerfung jeder Zelle unter das Interesse des gesamten Staatsorganismus. Die Abhängigkeit der einzelnen Zelle vom Ganzen bildet geradezu ihre Lebensbedingung. Sobald eine Zellgruppe streikt, wie es bei einer Krankheit der Fall ist, sobald z. B. die Herzzellen oder die Nierenzellen, die Gehirnzellen oder die Rückenmarkszellen ihre regelmäßige Arbeit einstellen, tritt sofort eine Störung im Betriebe des ganzen Organismus ein, die unter Umständen mit unheimlicher Geschwindigkeit selbst in den entferntesten Teilen des Staatskörpers so groß werden kann, daß der ganze gewaltige Staat zugrunde geht. — Ein gesundes Staatsleben besteht nur so lange, wie alle Zellen des Körpers in harmonischer Weise zusammenarbeiten.

Der Vergleich des Organismenkörpers mit einem politischen Staatswesen ist nicht neu. Bei der bis in die feinsten Einzelheiten hineingehenden, ich möchte fast sagen, vollkommenen Analogie zwischen beiden und im Hinblick auf die Tatsache, daß der Zellenstaat des tierischen und menschlichen Körpers ein geradezu ideal geregeltes Staatswesen ist, müßte ein tiefgehendes Studium der Organisationsverhältnisse des Zellenstaates für alle politisch-

staatswissenschaftliche Forschung von größtem Interesse sein, denn hier finden alle menschlichen Verhältnisse ihr Gegenstück und, was das wichtigste ist, alle Probleme staatswissenschaftlicher Forschung sind hier in glänzendster Weise praktisch gelöst. Kein menschlicher Gesetzgeber sollte versäumen, sich als erste Grundlage für seine staatswissenschaftliche Ausbildung eine möglichst umfangreiche Kenntnis der Organisationsverhältnisse des Idealstaates zu erwerben, des Idealstaates, der im menschlichen Zellenstaate praktisch realisiert ist. Mir scheint die Staatswissenschaft mit der Physiologie in allernächster Verwandtschaft zu stehen. Jedenfalls haben die beiderseitigen Forschungsobjekte die größte Übereinstimmung.

In einem Punkte aber befinden wir uns in der Physiologie in einer günstigeren Lage. Wir haben den großen Vorteil, experimentieren zu können in einem Umfange, wie es in der Staatswissenschaft nicht annähernd möglich ist. Und der experimentelle Weg hat sich in der Physiologie als ganz ungemein fruchtbar erwiesen. Er ist es gewesen, der zu unseren Erkenntnissen von den funktionellen Leistungen der Teile des Organismenkörpers geführt hat, auf ihm sind die interessanten funktionellen Zusammenhänge und Abhängigkeitsverhältnisse der Teile gefunden worden. Vor allem haben in dieser Hinsicht einige allgemeine und in der Vielseitigkeit ihrer Anwendbarkeit unerschöpfliche Methoden experimenteller Forschung glänzende Erfolge erzielt.

Die Eliminationsmethode geht darauf

aus, einen bestimmten Teil des Körpers aus seinem Zusammenhange auszuschalten, sei es auf operativem, sei es auf anderem Wege, um die Ausfallstatsachen, die Störungen festzustellen, die dadurch im Getriebe des Ganzen entstehen, und so seine Rolle im Haushalt des Körpers zu ermitteln. Mit dieser Methode sind unter anderem auch die wichtigen Entdeckungen über die zentrale Tätigkeit der obersten Verwaltungsbehörde unseres Körpers, des Nervensystems, gewonnen worden.

Das Gegenstück zu dieser Methode, das zu ihrer wesentlichen Ergänzung dient, bildet die Reizmethode. Man sucht durch Anwendung von Reizen die Tätigkeit eines Organs zu erregen, um sie schärfer und deutlicher hervortreten zu lassen. Auch diese Methode hat uns über die Funktion spezieller Gebiete des Nervensystems wichtige Aufschlüsse gegeben. Beide Methoden, die Eliminations- und die Reizmethode haben ferner die höchst interessante Tatsache erwiesen, daß unser Zellenstaat die mannigfaltigsten Mittel besitzt, um Störungen, die in seinem komplizierten Getriebe unter irgendwelchen Einflüssen entstehen, wenn sie nicht über gewisse Grenzen hinausgehen, in der feinsten Weise zu kompensieren. Ich nenne von den zahllosen Einrichtungen dieser Art als Beispiel nur die Mechanismen der Temperaturregulierung des Körpers, die selbst gegenüber den extremsten Schwankungen der Außentemperatur die Körpertemperatur des Menschen in exaktester Weise auf ihrer gleichmäßigen Höhe von 37° C erhalten. Noch heute werden fortwährend neue

Regulationsmechanismen ähnlicher Art von größter Empfindlichkeit aufgefunden.

Die Methode der chemischen Untersuchung dringt am tiefsten in die Frage nach den Leistungen der einzelnen Organe des Zellenstaates ein. Man untersucht die chemische Zusammensetzung eines Organs, man untersucht die Stoffe, die es produziert, die es ausscheidet, und man untersucht, welche Stoffe es für seine Lebenstätigkeit verbraucht, welche Stoffe ihm zugeführt werden müssen. Daraus gewinnt man Schlüsse über die Vorgänge, die sich in dem Organ selbst abspielen.

Schließlich sind eine große Anzahl von Registriermethoden ausgearbeitet worden, die zur autographischen Darstellung von Vorgängen im Organismus und seinen Organen verwendet werden und die auch zum Teil eine quantitative Messung der Leistungen gestatten.

Dazu gesellt sich eine unabsehbare Fülle von speziellen Methoden, die sich der Physiologe schafft mit den Mitteln der Physik und Chemie, der Operationstechnik und der Mikroskopie, wie das augenblickliche Problem es gerade erfordert.

Die Methodik für die Erforschung des Lebens ist heute so reich und so kompliziert entwickelt, daß der Laie, der ein physiologisches Laboratorium betritt, vor lauter Apparaten das lebendige Objekt nicht mehr sieht.

Alle diese Methoden haben unsere heutigen Kenntnisse begründet von den Leistungen der einzelnen Organe und ihrem engen, einheitlichen

Zusammerarbeiten im Organismus des Zellenstaates. Aber wir wollen noch weiter. Wir wollen wissen, was in den einzelnen Zellen vorgeht. Dahin zieht uns unser ganzes Interesse auf allen biologischen Forschungsgebieten, denn in der Zelle liegen die Geheimnisse des Lebens verborgen. Und so ist die Lebensforschung immer tiefer gestiegen bis in die Zelle hinab. Auch hier mußten die Methoden erst geschaffen werden, denn es ist nicht leicht, der kleinen mikroskopischen Zelle mit den Untersuchungsmitteln des Experimentes beizukommen. Beim komplizierten Zellenstaat, wie dem Menschen- oder überhaupt dem Warmblüterkörper sind wir besonders schlimm daran, denn hier ist fast jede Zelle an ihre Arbeitsstätte gebunden. Ihr enges Abhängigkeitsverhältnis von ihrer Nachbarschaft, mit der sie gemeinschaftlich wirkt, von ihrer Nahrung, die ihr vom Blut- und Lymphstrom zu ihrer Arbeitsstätte herangeschafft wird, vom Nervensystem, das ihr das Arbeitspensum zuweist und die Aufsicht über die Arbeit führt, gestattet es nicht, daß man die einzelne Zelle aus ihrem Verbande herausnimmt und unter dem Mikroskope beobachtet. Ganz abgesehen von der technischen Schwierigkeit, eine mikroskopische Zelle aus ihrem Verbande zu isolieren, wäre es auch meistens unmöglich, die einzelne Zelle isoliert am Leben zu erhalten und ihre normalen Lebensprozesse zu studieren. Die Zelle würde in kürzester Zeit zugrunde gehen, denn ihr Leben ist bestimmt durch den Komplex von Bedingungen, unter dem sie im Zellenstaate lebt.

Es bleibt also nichts übrig als das Leben der Zelle innerhalb ihres Zusammenhanges zu studieren. Das kann im intakten Körper geschehen. Methoden dafür sind ausgearbeitet worden. Das kann aber auch in isolierten Organen geschehen, die noch eine Zeitlang am Leben bleiben, nachdem sie aus dem Körper herausgeschnitten sind. Für solche Versuche eignen sich in hervorragendem Maße die Kaltblüter, weil man beim Kaltblüterkörper leicht die verschiedensten Körperteile aus ihrem Zusammenhange herausnehmen und längere Zeit, ja unter Umständen tagelang isoliert am Leben erhalten kann. Das ist der Grund, weshalb der Frosch das allgemeine physiologische Haustier geworden ist. Man kann aus dem Frosch das Herz, die Muskeln, die Nerven und andere Organe herausschneiden und bequem einige Stunden lang isoliert am Leben erhalten. Aber wir haben noch günstigere Objekte für das Studium der Lebensvorgänge in der Zelle, wir haben die Pflanzenzellen und wir haben die einzelligen Organismen. Die letzteren, wie das große Heer der Amöben, Infusorien und Bakterien bestehen ihr ganzes Leben hindurch nur aus einer einzigen Zelle. Sie können in großen Massen gezüchtet und untersucht und sie können einzeln unter ihren natürlichen Lebensbedingungen studiert werden. Man kann selbst operative Experimente, Zellvivisektionen unter dem Mikroskop an ihnen anstellen und wie am ganzen Zellenstaat, so sind auch an der einzelnen Zelle mit der Eliminations- und der Reizmethode die grundlegenden Kenntnisse über

die Funktionen der einzelnen Zellteile und ihr Zusammenarbeiten gewonnen worden. Die moderne Zellforschung hat alle diese Wege beschritten. So hat sich überall die Lebensforschung zur Zellforschung vertieft.

Aber genug der trockenen Methodik! Die Methoden müssen Ergebnisse liefern, sonst haben sie keinen Wert. Also was wissen wir heute von dem rätselhaften Vorgang des Lebens? Es ist nicht leicht, darauf in kurzen Worten eine Antwort zu geben. Die Summe der Einzelerfahrungen ist unabsehbar und jeder wird daraus das als wichtig hervorheben, was dem speziellen Ziel, das er in seiner speziellen Forscherarbeit verfolgt, am meisten entspricht. Aber mit der Verzeichnung solcher spezieller Ergebnisse ist nur wenigen Interessenten gedient. Was jeder will und braucht, ist ein Überblick über die allgemeinen Ergebnisse der Lebensforschung. Man ist ungeduldig und möchte am liebsten gleich klipp und klar hören, was Leben nun eigentlich ist. Aber da ist der Biologe in einiger Verlegenheit. Eine nichtssagende Definition wie die obengenannten mag er nicht und eine erschöpfende Antwort kann er nicht geben. So bleibt denn nichts übrig als das allgemeine Fazit zu ziehen aus allen bisherigen Erfahrungen. Ich will versuchen es in Kürze zu tun.

Was wir als lebendige Substanz allein in Form von Zellen auf der Erde kennen, stellt ein sehr wasserreiches Gemisch einer großen Menge von chemischen Verbindungen in sehr verschiedenen Aggregat-

zuständen vor, die zum Teil mikroskopisch untrennbar durcheinander gemengt sind, zum Teil aber auch bereits räumlich in jeder Zelle voneinander gesondert erscheinen, wie die Stoffe des Protoplasmas und die Stoffe des Zellkerns. Die Zusammensetzung dieses Gemisches von Stoffen ist in jeder einzelnen Zellform verschieden. Das beruht nicht allein auf dem verschiedenen quantitativen Verhältnis der einzelnen Stoffe, sondern noch mehr auf der qualitativen Verschiedenheit derselben. Die unabsehbare Fülle verschiedener Zellformen, welche die bunte Organismenwelt aufbaut, läßt sich allein schon verstehen aus der fast unendlichen Variationsmöglichkeit, die in einer einzigen Gruppe von chemischen Verbindungen der lebendigen Substanz existiert, das ist in der Gruppe von kompliziertesten Verbindungen, die der Chemie überhaupt bekannt sind, in der Gruppe der Eiweißverbindungen. Das Molekül einer Eiweißverbindung enthält eine so erstaunliche Zahl von Atomen in sich, daß hier durch Anfügung, durch Abspaltung, durch Substitution dieser oder jener Atomgruppen eine unübersehbare Anzahl von Variationen gedacht werden kann. Die ungeheuere Komplikation und Variation im Aufbau der Eiweißmoleküle ist ja auch der Grund, weshalb uns die chemische Zusammensetzung dieser Stoffe noch immer nicht hinreichend bekannt ist. Wir kennen zwar die elementare Zusammensetzung der Eiweißkörper, wir wissen auch, wie viel Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Sauerstoff- und Stickstoffatome im Molekül

gewisser Verbindungen der Eiweißgruppe enthalten sind und wir ersehen daraus auch die wichtige Tatsache, daß selbst die kompliziertesten Verbindungen der lebendigen Substanz keinen elementaren Unterschied zeigen gegenüber den Stoffen der leblosen, anorganischen Welt, aber gerade das charakteristische Moment, die eigentümliche Anordnung der Atome im Molekül zu den komplizierten Verbindungen der Eiweißgruppe, wie sie nirgends in der anorganischen Welt, wohl aber überall und ausnahmslos in der lebendigen Natur zu finden sind, das kennen wir nicht. Immerhin lassen die letzten großen Fortschritte in der Eiweißchemie, die wir dem Genius des großen Pfadfinders auf chemischem Gebiet, Emil Fischer's verdanken, auch nach dieser Richtung hin Hoffnungen entstehen. Wir sind vielleicht nicht mehr allzuweit von der Zeit, wo es gelingen wird, Eiweißkörper künstlich herzustellen. Damit wäre zweifellos ein Schritt von außerordentlicher Tragweite geschehen. Aber von der Lösung der letzten Rätsel des Lebens, die mancher schon damit gekommen wähnt, wären wir trotzdem noch immer sehr fern. Die lebendige Substanz besteht ja nicht bloß aus Eiweißkörpern, sie ist ein Gemisch, das zahlreiche andere, einfache und komplizierte Stoffe enthält, wie die organischen Verbindungen aus den stickstoffreien Gruppen der Kohlehydrate und Fette und ihrer Abkömmlinge, sowie das große Heer der anorganischen Salze, die alle zum Leben der Zelle erforderlich sind. Und selbst wenn wir den Eiweißkörpern als den kompliziertesten Ver-

bindungen eine dominierende Stelle im Lebensprozeß der Zelle einräumen wollten, das Leben wäre mit ihrer Kenntnis noch immer nicht völlig analysiert und noch viel weniger wäre mit ihrer Synthese die künstliche Erzeugung von Leben geglückt. Wir hätten ja doch nur tote Eiweißkörper, wie wir sie als Produkte des Organismus auch jetzt schon haben. Zwischen ihnen und der lebendigen Substanz, selbst der einfachsten Zelle, liegt aber keine geringere Kluft als der Abgrund zwischen Leben und Tod.

Um Leben künstlich erzeugen zu können, müßten wir alle Stoffe der lebendigen Substanz vollkommen kennen. Wir müßten ihre relativen Mengeverhältnisse wissen. Wir müßten ihre gegenseitige Anordnung im Zellkörper übersehen. Wären wir dann imstande, ein solches System bis in jedes Atom genau in einem einzigen Augenblick künstlich zusammenzusetzen und unter die ihm entsprechenden Lebensbedingungen zu bringen, dann würde eine solche künstliche Zellform im gleichen Moment, wo alle Bedingungen realisiert sind, zu leben beginnen, denn Leben ist nur der Ausdruck für einen bestimmten Komplex von Bedingungen, und es ist da, sobald dieser Komplex von Bedingungen da ist. So mußte auch einst auf der Erdoberfläche Leben mit unfehlbarer Notwendigkeit entstehen, als die Bedingungen sich im Laufe der Erdentwicklung zusammengefunden hatten, so, wie Wasser in tropfbar flüssiger Form einst entstand und entstehen mußte, als die Bedingungen dafür auf dem Erdkörper vorhanden waren

Es wäre gewiß ungeheuer interessant, zu sehen, wie ein künstlich hergestellter Organismus weiter leben, sich fortpflanzen, seine Eigenschaften vererben würde, aber leider haben wir auf ein solch interessantes Schauspiel vorläufig auch nicht die geringste Aussicht. Der Gedanke an eine künstliche Erzeugung von Leben, der in neuester Zeit wieder in den Zeitungen sein Wesen getrieben hat, ist vorläufig eine völlige Utopie, — aus dem einfachen Grunde, weil wir den Bedingungskomplex irgend eines lebendigen Systems noch nicht einmal annähernd kennen. Und würden wir ihn einmal erkennen, so wäre es schließlich noch sehr die Frage, ob wir so bald auch die inneren Lebensbedingungen, die sich in der Vorfahrenentwicklung des betreffenden Organismus und sei es auch nur der einfachsten Zelle im Laufe ungezählter Millionen von Jahren nur ganz allmählich zusammengefunden und von Generation zu Generation weiter umgestaltet haben, ob wir diese Bedingungen in ihrer eigenartigen Kombination so bald auch künstlich verwirklichen könnten.

Aber das sind Spekulationen und man soll nicht prophezeien. Uns bleibt nichts weiter übrig, als geduldig fortzufahren in der Analyse der Bedingungen des Lebens.

Was das Gemenge von Stoffen in der Zelle erst als lebendig erscheinen läßt, ist die Summe der chemischen Umsetzungen, die sich an seinen Bestandteilen abspielen. Auch darin liegt an sich kein prinzipieller Unterschied gegenüber der leblosen, anorganischen Welt, denn auch dort fin-

den in den mannigfaltigsten Systemen die kompliziertesten chemischen Vorgänge statt, nach den gleichen Gesetzen. Das Spezifische des Lebens besteht wiederum nur in der Kombination der chemischen Elementarvorgänge, die dem charakteristischen System entspricht, an dem sie sich abspielen.

Dabei liegt ein wesentliches Moment darin, daß die spezifischen Verbindungen der Zelle andauernd umgesetzt werden und sich fortwährend wieder in gleichem Maße ergänzen. Die lebendige Substanz der Zelle zersetzt sich, solange sie lebt und bildet sich fortwährend neu. Die Zerfallprodukte verlassen die Zelle, das Material für den Wiederersatz tritt mit der Nahrung in die Zelle hinein. Das ist der Stoffwechsel der Zelle, die Grundtatsache alles Lebens. Es spielen sich also fortwährend Aufbau- und Abbauprozesse komplizierter Verbindungen wie der Eiweißverbindungen ab, deren Summe man als Assimilation und Dissimilation, als die beiden Phasen des Stoffwechsels zu bezeichnen pflegt. Beide Phasen halten sich im Stoffwechselgleichgewicht. Diese letztere, wichtige Tatsache wird verständlich dadurch, daß die verschiedenartigen chemischen Teilprozesse des gesamten Stoffwechselgetriebes auf das engste miteinander verkettet sind, so daß, wenn ein Glied sich ändert, auch die anderen Glieder der Kette entsprechende Änderungen erfahren.

Anlaß zu solchen Störungen des Stoffwechselgleichgewichts ist im Zelleben fortwährend gegeben und zwar durch die Reize.

Was ist ein Reiz? Man hat in der Physiologie seit alter Zeit mit dem Begriff des Reizes gearbeitet, man ist im organischen Leben überall auf Reizwirkungen gestoßen, man hat die Reize methodisch fast bei jeder physiologischen Untersuchung verwendet, aber man hat sich wenig um eine klare Definition des Reizbegriffes bemüht. Ich glaube, man kann den Begriff des Reizes, wenn er allgemein gültig sein soll, nur in der Form fassen, daß man sagt: Reiz ist jede Veränderung in den äußeren Lebensbedingungen. Bei dem engen Abhängigkeitsverhältnis, in dem die einzelnen Glieder des ganzen Bedingungskomplexes voneinander stehen, muß eine solche auf einen gegebenen Zustand der lebendigen Substanz immer verändernd einwirken. Demnach gibt es sehr verschiedene Reize: chemische, osmotische, mechanische, thermische, photische, elektrische Reize, je nach der Art der Lebensbedingungen, und der Angriffspunkt dieser verschiedenen Reize kann an ganz verschiedenartigen Gliedern der Stoffwechselkette liegen, denn die verschiedenartigsten chemischen Prozesse sind abhängig in ihrem Ablauf von der Einwirkung chemischer Stoffe, von ihrer Konzentration, vom Druck, von der Temperatur, vom Licht, von der Elektrizität. Wo aber auch der Reiz angreifen mag: wenn seine Intensität nicht gewisse Grenzen überschreitet und eine tötliche Schädigung erzeugt, so wird durch ihn der Ablauf der normalen Stoffwechselprozesse immer nur entweder beschleunigt oder verzögert,

und je nachdem besteht die Reizwirkung in einer „Erregung" oder „Lähmung" der spezifischen Lebensäußerungen. Viele Reize, wie ein großer Teil der Impulse, die in unserm Körper vom Nervensystem her den einzelnen Zellen zugesandt werden, erregen plötzlich die Zellen zu starker Aktion. Andere Reize, wie die Narkotika, wirken stets lähmend. Hat aber irgend ein Reiz das Stoffwechselgleichgewicht in irgend einem lebendigen System gestört, so stellt sich dasselbe nach dem Aufhören des Reizes von selbst wieder her. Diese merkwürdige „Selbststeuerung" des Stoffwechsels beobachten wir an aller lebendigen Substanz. Wenn ein Muskel durch Nervenimpulse zu starker Arbeit veranlaßt worden ist und andauernd eine bis zur Ermüdung und Erschöpfung führende Erregung seiner dissimilatorischen Stoffwechselphase erfahren hat, so erholt er sich nach dem Aufhören der Impulse von selbst und ist nach einiger Zeit wieder in demselben Zustande der Leistungsfähigkeit wie vor der Arbeit. Sämtliche verbrauchte Substanz ist wieder restituiert worden. Man könnte denken, daß diese Selbststeuerung des Stoffwechselgleichgewichts eine besondere Eigentümlichkeit der lebendigen Substanz sei. Aber wiederum finden wir hier Analoga in der leblosen Welt bei den Tatsachen der chemischen Gleichgewichtszustände, die in neuerer Zeit besonders von der physikalischen Chemie eingehend studiert worden sind. Wenn wir in einem derartigen Fall zwei chemische Stoffe haben in dem Mengenverhältnis, in dem sie sich zu ihrem

Reaktionsprodukt verbinden, und wir bringen sie zur Reaktion miteinander zusammen, so bleibt doch stets eine bestimmte Menge von beiden unverbunden übrig derart, daß ein ganz bestimmtes Massenverhältnis zwischen Reaktionsprodukt und den beiden noch freien Konstituenten besteht. Nehmen wir aber, nachdem dieser Gleichgewichtszustand erreicht ist, einen Teil des Reaktionsproduktes aus dem Gemisch heraus, so verbindet sich ein entsprechender Teil der bisher noch freien Konstituenten miteinander zu einer neuen Menge des Reaktionsproduktes, so daß das alte Massenverhältnis, wenn auch mit absolut geringeren Mengen, wieder hergestellt ist. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn der Reaktionssumme eine neue Menge des fertigen Reaktionsproduktes hinzugefügt wird. Dann zerfällt soviel vom Reaktionsprodukt in seine Konstituenten, daß wiederum von neuem das Gleichgewicht der Massen entsteht. Wir haben also in dem Abhängigkeitsverhältnis der einzelnen Glieder der Stoffwechselkette voneinander, wie es in der Selbststeuerung des Stoffwechsels zum Ausdruck kommt, nur einen speziellen Fall des Massenwirkungsgesetzes, der chemischen Gleichgewichtszustände. Wird durch einen Reiz ein größerer Teil der lebendigen Substanz zum Zerfall gebracht und werden die Zerfallsprodukte von der Zelle ausgeschieden, so wird das alte Massengleichgewicht auf Grund des genannten Gesetzes sofort wieder hergestellt.

Indessen trotz aller Selbststeuerung vollzieht sich in jeder Zelle doch ganz allmählich und lang-

sam, aber unaufhaltbar eine zunehmende Veränderung. Die Zelle entwickelt sich. Mag dieser Prozeß zunächst nur im Wachstum, mag er im Auftreten neuer Stoffwechselglieder bestehen, die Zelle ist niemals zu verschiedenen Zeiten vollkommen das gleiche System, weil kein gegebener Zustand der Zelle derartig ist, daß er sich dauernd erhalten könnte. Er bedingt einen anderen Zustand des Stoffwechsels, so wie er selbst aus einem anderen Zustande hervorging. Es ist eine allgemeine Eigentümlichkeit eines jeden lebendigen Systems, daß es sich dauernd verändern muß. Sein Lebensgetriebe wird nie stationär. Das ist die Entwicklung. Werden im Laufe der Entwicklung die Störungen so groß, daß ein harmonisches Zusammenwirken der Teile nicht mehr möglich ist, so tritt entweder einer der vielen Regulationsprozesse ein, der einen früheren Zustand der Zelle wieder herstellt, oder die Zelle entwickelt sich tot. Der Tod ist nichts anderes als ein Endglied der langen Entwicklungsreihe von Veränderungen im Stoffwechselgetriebe der Zelle. Im ersteren Falle dagegen, wie er z. B. bei einzelligen Organismen im Wachstum verwirklicht ist, wächst die Zelle, bis der Stoffwechsel durch das wachsende Mißverhältnis zwischen Oberfläche und Masse des Zellkörpers einen unhaltbaren Zustand erreicht hat und fällt dann in zwei Hälften auseinander, die wieder ihr Leben von vorn beginnen. Die Einzelligen sind also, wie Weismann es ausdrückt, in gewissem Sinne unsterblich.

Das sind die allgemeinen Tatsachen. Machen wir uns nach alledem ein anschauliches Bild von dem Leben in der Zelle, soweit es bisher im Umriß zu erkennen ist, so können wir uns die Zelle als eine chemische Fabrik von mikroskopischen Dimensionen vorstellen, in der nach chemischen Gesetzen ganz bestimmte Rohmaterialien, die Nahrungsstoffe, in immer gleicher Weise zu ganz bestimmten Produkten, den Ausfuhrstoffen, verarbeitet werden. Wie jede chemische Fabrik, so hat auch jede Zelle ihre besondere Spezialität. In der einen wird Galle, in der anderen Speichel, in der dritten Pepsin produziert usf. In der Pflanzenzelle ist der Prozeß weitläufiger. Hier müssen erst aus dem allereinfachsten Rohmaterial, das in Form von Kohlensäure, Wasser und Salzen von außen her eingeführt wird, die Stoffe, wie Kohlehydrate, Fette, Eiweißkörper aufgebaut werden, aus deren Umsatz die Endprodukte entstehen. Die tierische Zelle hat das einfacher, sie erhält das Ausgangsmaterial gleich in nahezu fertiger Form, in der es die Pflanze hergestellt hat, als Eiweiß, Kohlehydrat und Fett und verbrennt es auf dem Wege über mannigfaltige Zwischenprozesse mit dem aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff zu ihren spezifischen Produkten wie Kohlensäure, Wasser, Schwefelsäure, Ammoniak und anderem mehr. Aber wie in keiner chemischen Fabrik der Betrieb für alle Zeiten der selbe bleibt, sondern immer neuen Ansprüchen angepaßt werden muß, so ändert er sich auch in der Zelle mehr und mehr, bis er schließlich über-

haupt nicht mehr aufrecht erhalten werden kann.

Es fehlen uns nun freilich in diesem Bilde die feineren Einzelheiten und es ist nicht zu leugnen, daß die Zeit ganz unabsehbar ist, in der man einst das letzte Glied der Stoffwechselkette einer gegebenen Zellform erkannt haben wird. Aber unsere Erfahrungen zeigen uns doch nichts, was über ein mechanisches Verständnis des Geschehens in der Zelle hinausgeht. Es ist daher durchaus nicht so erstaunlich, wenn es bereits gelungen ist, einzelne Glieder des Lebensprozesses mit rein mechanischen Mitteln künstlich an leblosen Objekten nachzuahmen.

In der Tat ist es möglich gewesen, für das Prinzip des Stoffwechsels, für die Bewegungen der lebendigen Substanz, für die Wirkungen der Reize, für die Erscheinungen der Ermüdung und vieles andere Analoga an leblosen Systemen herzustellen. Selbst speziellere und als spezifische Äußerungen des Lebens angesprochene Vorgänge sind vielfach künstlich nachgeahmt worden. So hat Bredig für die lähmenden Wirkungen der Gifte weitgehende Analogien bei ganz einfachen chemischen Prozessen aufzeigen können. So hat Rhumbler die Vorgänge der Nahrungsaufnahme, Verdauung und Exkretion der Zelle, ferner die merkwürdigen Erscheinungen der Chemotaxis und des Skelettbaues an leblosen Chloroform- und Öltropfen nachgeahmt, so hat neuerdings Lehmann flüssige Kristalle herstellen können, die nicht nur wie die lebendige Substanz durch Intussuszeption von Stoffen aus

dem umgebenden Medium her wachsen, sondern sich auch durch Teilung fortpflanzen und verloren gegangene Teile wieder regenerieren wie die lebendige Zelle.

Indessen wir dürfen nicht in den Fehler verfallen, diesen Experimenten eine andere Bedeutung zuzumessen als sie wirklich besitzen. Wenn uns die flüssigen Kristalle von Lehmann einige Momente zeigen, die wir von Kristallen bisher nicht kannten, die wir dagegen als allgemeine Lebensäußerungen in der Welt der Organismen überall verbreitet gefunden haben, so dürfen wir deshalb doch noch nicht sagen, daß wir nunmehr einen Übergang zwischen lebloser und lebendiger Welt nachgewiesen hätten und daß die Grenze zwischen beiden damit gefallen sei. Das hieße die Tatsachen gründlich verkennen und würde nur geeignet sein, den Fernerstehenden durchaus irrezuführen. Alle diese künstlichen Nachahmungen von Lebensäußerungen sind nichts weiter als Analogien zu einzelnen Teilprozessen des gesamten Lebensvorganges. Aber selbst wenn wir einzelne dieser Teilprozesse für sich isoliert mit leblosem Material vollkommen nachahmen könnten, so wären wir doch weit davon entfernt, damit lebendige oder auch nur halblebendige Körper hergestellt zu haben. Das Charakteristikum des Lebens liegt ja nicht darin, daß der lebendige Körper den einen oder den anderen einzelnen Lebensprozeß zeigt, sondern das wesentliche Moment liegt eben immer und nur in der spezifischen Kombination aller einzelnen Vor-

gänge. Das eigenartige Spiel von Stoff- oder Energie- oder Formveränderungen in seiner Gesamtheit, das ist das charakteristische Wesen des Lebens.

Auf der anderen Seite liefern uns aber alle diese sich immer mehrenden Analogien für einzelne Teilprozesse des Lebens an leblosen Systemen eine äußerst wertvolle Probe darauf, daß die betreffenden Lebensvorgänge den Rahmen mechanischen Geschehens nicht überschreiten. Und dieses Ergebnis vervollständigt sich mit jedem neuen Erfolg auf diesem Gebiete. Jedenfalls kennen wir keine einzige Tatsache im ganzen Getriebe des Lebens, die uns zwänge, auf ein mechanisches Verständnis zu verzichten, und so haben wir auch durchaus die Berechtigung, das Fehlende in seinen wesentlichen Zügen ebenfalls in mechanischem Sinne, wenn auch vorläufig nur hypothetisch, zu ergänzen. In der Tat sind Hypothesen in dieser Richtung aufgestellt worden, die sich als provisorische Arbeitshypothesen außerordentlich fruchtbar erwiesen und zur Auffindung zahlloser neuer Tatsachen geführt haben.

Greifen wir also einmal voraus und stellen wir uns vor, wir hätten die Analyse bereits bis zum Ende ausgeführt. Dann läge das Lebensgetriebe der Zelle vor unseren Augen so klar, daß wir das Schicksal eines jeden Atoms, das in die Zelle eintritt, auf seinem Wege verfolgen könnten, wie es sich verbindet, wie es sich lostrennt, wie es gestoßen, wie es gezogen wird durch die Zelle hindurch, bis da, wo es wieder die Zelle verläßt.

Wir würden einsehen, daß unter den gegebenen Bedingungen das Schicksal jedes Atoms sich nach chemisch-physikalischen Gesetzen geradeso gestalten muß. Wir würden auch die energetischen Leistungen der Zelle verstehen, denn mit jedem chemischen Prozeß ist ein Energieumsatz gegeben, oder besser jeder chemische Prozeß ist selbst ein Energieumsatz. Wir würden ferner die Formbildung der Zelle begreifen, die sich aus dem gesetzmäßigen Bewegungsstrom der Atome und Moleküle ergibt wie die Form der Gasflamme aus dem Strome der Gas- oder wie die Form des Springbrunnens aus der Bewegung der Wasserteilchen. Stoff-, Energie- und Formwechselerscheinungen sind ja in Wirklichkeit ein und dasselbe. Schließlich würden wir auch klar vor unseren Augen sehen, wie das Leben der zahllosen Zellen sich kombiniert zu dem Getriebe des Millionenstaates der Zellen des menschlichen Körpers, wie in den Ganglienzellen des Gehirns von den Sinneszellen her Impulse eintreffen, wie diese Impulse verarbeitet werden, wie sie in neuer Form und Intensität dem Funken auf der Zündschnur gleich auf den Nervenbahnen dahinlaufen zu den Zellen des Herzens, der Muskeln, der Drüsen, wie sie in diesen das Stoffgetriebe bald heftig aufflammen lassen, bald wiederum hemmen und wie sich das Leben gesetzmäßig abspielt. Das alles würden wir sehen und wir würden verstehen, wie es unter dem hier oder dort herrschenden Bedingungskomplex nach mechanischen Gesetzen gerade so ablaufen muß und nicht anders ablaufen kann.

Ja, wir könnten diese Fiktion noch um einen Grad anschaulicher gestalten, indem wir uns die chemische Fabrik der mikroskopischen Zelle vergrößert dächten zu den Dimensionen einer wirklichen chemischen Fabrik, so daß wir zwischen den Atomen umherwandern könnten wie zwischen dem Räder- und Walzengetriebe eines riesigen Maschinenhauses. Dann könnten wir mit voller Klarheit das ganze Getriebe des Lebens verfolgen und uns von der Gesetzmäßigkeit seines Ablaufs im einzelnen wie im ganzen direkt überzeugen. Nur in einem Punkte wäre vielleicht mancher enttäuscht, denn die zweifelnde Frage erschiene auf seinen Lippen: Und das Bewußtsein?

Ich knüpfe hier an eine Betrachtung an, die in ähnlicher Form bereits Leibnitz angestellt und die Du Bois-Reymond in seiner bekannten Rede über die sieben Welträtsel von neuem hervorgeholt hat.

Du Bois-Reymond malt uns aus, wie wir bei einer solchen, wie er sich ausdrückt, „astronomischen Kenntnis" der Vorgänge im Gehirn die zu einem Rechenexempel gewordene Hirnmechanik sich abspielen sähen wie die Mechanik einer Rechenmaschine, und er fügt hinzu „es wäre grenzenlos interessant, wenn wir . . . . wüßten, welcher Tanz von Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Stickstoff-, Sauerstoff, Phosphor- und anderen Atomen der Seligkeit musikalischen Empfindens, welcher Wirbel solcher Atome dem Gipfel sinnlichen Genießens, welcher Molekularsturm dem wütenden Schmerz beim Mißhandeln des N. trigeminus entspricht . . . .

Was aber die geistigen Vorgänge selber betrifft, so zeigt sich, daß sie bei astronomischer Kenntnis des Seelenorgans uns ganz ebenso unbegreiflich wären, wie jetzt." Du Bois-Reymond verzichtet daher mit seinem „Ignorabimus" für immer auf eine Erklärung derselben und findet hier eine unüberschreitbare Grenze für unsere Erkenntnis.

Ist dieser Standpunkt begründet? Wie wäre es, wenn die Prämissen schon falsch wären? Man analysiert mühsam die ganze Mechanik des Geschehens in den Ganglienzellen der Großhirnrinde mit der Hoffnung, dort die bewußte Empfindung, die Vorstellung, die Gedankenfolge in ihrem Sitz zu entdecken und man ist enttäuscht, wenn nach Beendigung der Analyse doch nichts davon zu beobachten ist. War denn die ganze Hoffnung berechtigt? Durfte man denn erwarten, außer den mechanischen Vorgängen noch einen Bewußtseinsakt in der Ganglienzelle zu sehen? Mir scheint, hier liegt eine falsche Voraussetzung vor. Wir sind seit der Konzeption der Seelenidee von den Urvölkern her gewöhnt, uns die Seele wie einen Mieter im Körper wohnend zu denken. Wir sprechen von einem „Sitz" der Seele im Großhirn. Wir verknüpfen damit die Vorstellung einer Dualität des menschlichen Wesens, einer körperlichen und einer geistigen Seite, und mit der Lehre vom „psycho-physischen Parallelismus", die behauptet, erfahrungsgemäß ein untrennbares Parallelgehen von psychischen Vorgängen mit bestimmten körperlichen Prozessen in der Großhirnrinde festgestellt zu haben, erteilt noch zum Überfluß die Wissen-

schaft dieser naiven Idee des primitiven Urmenschen ihren Segen. Ich behaupte: die Annahme zweier Reihen von Vorgängen, einer körperlichen und einer geistigen Reihe ist ein Irrtum. Hier liegt die falsche Voraussetzung, aus der alle Widersprüche und Schwierigkeiten hervorquellen, aus der die zahllosen vergeblichen Lösungsversuche des angeblichen Dualismus entsprungen sind. In Wirklichkeit existiert überhaupt nur eine einzige Reihe von Vorgängen, mag man sie nun körperliche oder geistige Vorgänge nennen, denn in diesem Falle haben Worte wie „Körper" und „Geist", wie „Leib" und „Seele" ihre alte Bedeutung verloren. Entweder ist alles Geist oder alles Körper. Es war lediglich der Gedanke einer „Ursache" der Lebensäußerungen, der in der Urzeit die Seelenidee und damit die dualistische Spaltung des menschlichen Wesens gebar, und es liegt eine seltsame Ironie darin, daß man die Fiktion, die einst die Lebensvorgänge erklären sollte, jetzt glaubt durch die Analyse der Lebensvorgänge selbst erst erklären zu müssen, ein Unternehmen, an dem der Materialismus so glänzend gescheitert ist. Man quält sich hier mit einem Problem, das gar nicht existiert. Die Welt, das menschliche Wesen ist in Wirklichkeit von einheitlicher Art. Der Fehler, aus dem alle Irrtümer entspringen, liegt in der dualen Spaltung der Wirklichkeit, deren Idee uns die graue Vorzeit erblich überliefert hat.

Statt dieser naiven Konzeption blindlings zu folgen, kann eine wissenschaftliche Analyse

der Bewußtseinsvorgänge nur dieselben Prinzipien verwenden, die wir vorhin für alle wissenschaftliche Forschung in Anspruch nehmen mußten. Ihre Aufgabe kann nur allein darin bestehen, sämtliche Bedingungen festzustellen, unter denen Empfindungen, Vorstellungen, Gedanken, Gefühle und Willensakte zustande kommen. Sind diese Bedingungen sämtlich ermittelt, so ist der Bewußtseinsvorgang erklärt. Er ist nichts anderes als dieser Bedingungskomplex selbst. Die Worte „Empfindung", „Vorstellung", „Gedanke" und andere mehr sind ja nur kurze Ausdrücke für bestimmte Komplexe von Bedingungen, so wie die Worte „Leben", „Wärme", „Elektrizität" auch ganz spezifische Bedingungskomplexe bezeichnen. Was die Begründer der Lehre vom sogenannten „psycho-physischen Parallelismus" wirklich festgestellt haben, das ist ebenfalls nur die Tatsache, daß Bewußtseinsvorgänge unter anderm bedingt sind durch bestimmte physiologische Vorgänge im Gehirn. Nur dieses Abhängigkeitsverhältnis ist eine tatsächliche Erfahrung, nicht der sogenannte Parallelismus von zwei Reihen von Prozessen, von körperlichen und geistigen Vorgängen.

Könnten wir daher, unserer Fiktion gemäß, das ganze Geschehen in den Zellen des Gehirns bis in jede Atombewegung hinein überblicken und wären uns zugleich alle außerhalb des Gehirns gelegenen Faktoren des gesamten Bedingungskomplexes bekannt, so verständen wir auch, wie Bewußtsein entsteht.

Es liegt nur an seinem dualistischen Ausgangspunkte, wenn Du Bois-Reymond an dieser Erkenntnis vorbeigegangen ist. Du Bois-Reymond stellt folgende Betrachtung an. Stellen wir uns vor, daß durch mechanische Kunst mit einem Schlage alle Atome, aus denen Caesar bestand, als er den Rubikon überschritt, jedes an seinen Ort gebracht und mit seiner Geschwindigkeit im richtigen Sinne versehen sei, so wäre Caesar nicht bloß körperlich, sondern auch geistig wieder hergestellt. „Der künstliche Caesar hätte dieselben Empfindungen, Strebungen, Vorstellungen wie sein Vorbild am Rubikon". Aber, so fährt Du Bois-Reymond fort, der Verfertiger dieses künstlichen Caesar's würde gleichwohl selbst nicht verstehen, wie die von ihm angeordneten Atome „die Seelentätigkeit seines Kunstwerks vermitteln". Dieser letzte Gedanke des großen Physiologen legt die Vermutung nahe, daß er im Grunde doch etwas enttäuscht darüber war, daß man die „Seele" nicht in den Gehirnzellen wahrnehmen kann, denn dieser Gedanke Du Bois-Reymond's zeigt, daß sein Urheber die Seele noch neben dem Körper bestehen ließ, daß er unbesehen den naiven Dualismus von beiden als gegeben hinnahm.

In der Tat, hier liegt der Punkt, und zwar der einzige Punkt, der noch heute die meisten bestimmt, an dem alten Dualismus von Leib und Seele festzuhalten. Man sagt sich, es besteht eben doch ein fundamentaler Unterschied zwischen beiden. Die körperlichen Vorgänge sind sämtlich sinnlich wahrnehmbar, die geistigen Vorgänge

nicht. Man macht sich aber nicht klar, daß es schlechterdings widersinnig wäre, wenn man versuchen wollte, die Empfindungen und Gedanken eines Anderen als eigene Empfindungen der gleichen Art in dessen Gehirn wahrzunehmen. Diese Empfindungen und Gedanken sind ja nur da, wo der betreffende Bedingungskomplex realisiert ist. Das ist wohl der Fall bei dem Menschen, bei dem gerade die betreffende Empfindung vorhanden ist, etwa die Empfindung einer Blume, die er gerade ansieht, aber doch nicht bei mir, wenn ich sein Gehirn in dem Augenblicke ansehe. Wenn ich das letztere tue, so besteht ja bei mir ein ganz anderer Bedingungskomplex als bei ihm, während er die Blume ansieht, und dementsprechend habe ich auch eine ganz andere Empfindung als er, nämlich die seines Gehirns. Stelle ich dagegen bei mir den gleichen Komplex von Bedingungen her wie er bei ihm besteht, indem ich dieselbe Blume betrachte, so entsteht auch bei mir dieselbe Empfindung. Man hat also im Grunde nur einen einzigen kleinen Fehler gemacht, wenn man versucht hat, die Empfindungen eines Anderen in seinem Gehirn zu sehen: Man hat nur „Mein" und „Dein" nicht unterschieden. Nur wo gleiche Bedingungen sind, da sind auch gleiche Empfindungen. Unsere ganze Aufgabe bei der Erforschung der Empfindungs-, Vorstellungs-, Gedankenmechanik besteht wie überall bei der wissenschaftlichen Forschung nur in der Ermittlung ihrer gesamten Bedingungen. Das ist und bleibt der Weisheit letzter Schluß.

Gewöhnen wir uns doch daran, in der Welt nicht nach „Ursachen" der Vorgänge zu suchen, gewöhnen wir uns, die Bedingungen der Vorgänge zu analysieren. Ist doch die Welt ein großer Komplex, in dem selbst das kleinste Glied eindeutig bestimmt ist. Die leblosen Dinge und die lebendige Welt, der Mensch mit seinem Dichten und Trachten und des Menschen Kultur mit ihren Idealen, die er sich selbst in gewaltiger Arbeit erschuf, sie alle sind nichts als der Ausdruck bestimmter Bedingungen, die sich ändern und die sich entwickeln nach einem Gesetz.

„Nach ewigen, ehernen,
Großen Gesetzen
Müssen wir alle
Unseres Daseins
Kreise vollenden."

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a. S.


Princeton University Library
32101 076794112